陸上競技女子長距離選手における貧血状態と血中アミノ酸濃度の関連

門馬 怜子¹, 熊谷 仁^{2,3,4}, 王子田 萌⁵, 家光 素行⁵, 前田 清司⁴

Relationship between anemia and circulating levels of amino acids in female endurance athletes

Reiko Momma¹, Hiroshi Kumagai^{2,3,4}, Moe Oshiden⁵, Motoyuki Iemitsu⁵ and Seiji Maeda⁴

¹筑波大学人間総合科学研究科体育学専攻, 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Master's Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574, Japan*)

²順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科, 〒270-1695 千葉県印西市平賀学園台1-1 (*Graduate School of Health and Sports Science, Juntendo University, 1-1 Hirakagakuendai, Inzai, Chiba 270-1695, Japan*)

³日本学術振興会, 〒102-0083 東京都千代田区麹町5-3-1 (*Japanese Society for the Promotion of Science, 5-3-1 Kojimachi, Chiyoda, Tokyo 102-0083, Japan*)

⁴筑波大学体育系, 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574, Japan*)

⁵立命館大学スポーツ健康科学部, 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 (*Faculty of Sport and Health Science, Ritsumeikan University, 1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan*)

Received: May 23, 2017 / Accepted: August 30, 2017

Abstract The symptoms of anemia, decreases in the levels of circulating red blood cells (RBC), hemoglobin (Hb) and hematocrit (Ht) lead to decrease endurance performance, and the risk of anemia increases in female endurance athletes. Although Hb is composed of a large amount of amino acids, the relationships between circulating levels of amino acids and RBC, Hb and Ht in female endurance athletes have not been clarified yet. Thus, the purpose of the present study was to investigate the relationship between circulating levels of amino acids and RBC, Hb and Ht in female endurance athletes. Twenty-four female endurance athletes (19.8 ± 0.2 years) participated in this study. We measured circulating levels of RBC, Hb and Ht from blood. Also, we measured circulating levels of amino acids from plasma by use of comprehensive analysis. The levels of circulating RBC, Hb and Ht in all subjects were within the normal range. We found that circulating taurine levels were significantly correlated with RBC ($r = 0.48$, $p < 0.05$), Hb ($r = 0.44$, $p < 0.05$) and Ht ($r = 0.42$, $p < 0.05$) in female endurance athletes. In the present study, we demonstrated that circulating taurine levels were significantly associated with RBC, Hb and Ht in female endurance athletes. These results suggest that circulating taurine levels may be a predictor of anemia and treatment strategy for anemia.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 66(6): 391-397 (2017)

Keywords: anemia, amino acids, circulating taurine levels, female endurance athlete

緒 言

近年, 世界レベルの大会において, 女性アスリートの活躍を目にする機会が増えている。このような活躍の一方で, 女性アスリートは, 男性アスリートとは異なる女性特有の身体的な問題を有する。その一つに「貧血」が挙げられる。女性には「月経」という重要な生殖機能が存在し, 月経時には生理的出血を伴うことから男性よりも貧血を発症する可能性が高くなる¹⁾。貧血の状態では, 酸素の運搬に関連する赤血球やヘモグロビン, ヘマトクリットの血中濃度は減少し, 「息切れ」や「疲れやす

い」といった競技力の低下に繋がり得る症状を引き起こす。この貧血は, 女性アスリートの中でも特に陸上競技の長距離選手に多い疾患である¹⁾。長距離走種目において, 貧血は競技成績の低下に直接的に影響を及ぼすことから, その早期発見や早期治療が極めて重要である。

アミノ酸は炭素 (C), 酸素 (O), 水素 (H), 窒素 (N) の4元素で構成され, ヒトの生体の約20%を占めるタンパク質の主要な成分である。このアミノ酸は, ヒトの体内で合成することが出来る非必須アミノ酸と, 体内で合成することが出来ない必須アミノ酸に分類される。また, 必須アミノ酸の中でもバリン, ロイシン, イ

ソロイシンは分岐鎖アミノ酸 (Branched-chain amino acid: BCAA) と呼ばれ, 筋肉の恒常性の維持および機能発揮に重要であることが明らかにされている²⁾. 一方で, 酸素の運搬に重要であるヘモグロビンは, ヘムという鉄を含む赤い色素とグロビンというタンパク質から構成される複合タンパク質である. グロビンは α 鎖と146個のアミノ酸から成る β 鎖の2種類のポリペプチドにより構成されることから, アミノ酸は血中のヘモグロビン濃度などの貧血状態を反映する指標と関連する可能性がある³⁾. しかし, 貧血のリスクが高い女性アスリート, 特に女性の長距離選手を対象とした検討は一切行われていないのが現状である.

このような背景から, 我々はヘモグロビンなどの貧血状態を反映する指標とタンパク質の構成に関連するアミノ酸は関係するという仮説を立て, 貧血のリスクが高い陸上競技女子長距離選手における血中アミノ酸濃度と貧血状態の関連について検討することを目的とした. この目的を検証するため, 本研究では陸上競技女子長距離選手において, 貧血状態を反映する血中の赤血球数, ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と血中アミノ酸濃度の関連について検討を行った.

方 法

対象者 本研究では, 大学陸上競技部に所属し長距離種目を専門とする女子選手24名を対象とした. 対象者には, 測定の前日からアルコール・カフェインの摂取, および激しい運動を避けるように指示し, 測定は1晩の絶食状態で実施した. 実験に先立ち, 対象者全員に実験の目的および測定内容を説明し, 実験に参加する同意を得て測定を実施した. なお, 本研究は立命館大学の倫理委員会の承認を得て行った (BKC-人医-2016-010).

測定項目

・身体特性

体成分分析装置 (Inbody770, インボディ・ジャパン) を用いて, 体重, 体脂肪率, 全身筋肉量を測定した. また, BMI (Body Mass Index) については, 体重 (kg)/身長 (m)²により算出した.

・貧血指標および血中アミノ酸濃度

肘正中皮静脈から採血を行い, 貧血指標および血中アミノ酸濃度の測定を行った. 貧血指標については, 血球成分および血清成分を用いて血中の赤血球数, ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値を評価した. また, 血中アミノ酸濃度については, 全自動アミノ酸分析機 (Amino acid analyzer, JEOL JLC-500/V2, 日本電子株式会社製) を用いて網羅的にアミノ酸を測定した. 採血により得られた血漿サンプルを3%スルホサリチル

酸水溶液と等量混和し, 冷蔵庫で1時間放置した. その後, 混和したサンプルを遠心分離し (4℃, 3000 rpm, 15 min), 上澄み液を濾過精度0.45 μ mのフィルタで濾過し分析用サンプルとした. アミノ酸の測定は, ヒスチジン, イソロイシン, ロイシン, リジン, メチオニン, フェニルアラニン, スレオニン, バリン, アラニン, アンセリン, アルギニン, アスパラギン酸, シトルリン, システイン, シスタチオニン, グルタミン酸, グリシン, ヒドロキシプロリン, モノエタノールアミン, オルニチン, プロリン, セリン, タウリン, チロシンとした. さらに血中のアンモニア濃度および尿素を測定した. なお, 血中アミノ酸濃度の正常範囲については, 株式会社SRLのアミノ酸分析基準値一覧を参照した⁴⁾.

・アンケート調査

アンケートにより, 競技歴, ベストタイム, 1週間の走行距離, 1週間の練習頻度, サプリメント摂取の有無 (鉄剤, アミノ酸) を調査した. また, 日本産婦人科学会の定める診断基準に基づき⁵⁾, 対象者の続発性無月経の有無について評価した.

統計処理 本研究結果は, すべて平均値 $\pm$ 標準誤差で示した. Shapiro-Wilk検定を用いて正規性の確認を行った後, Pearsonの相関関係およびSpearmanの順位相関係数により貧血状態と血中アミノ酸濃度の関連を検討した. また, 日常的なサプリメント摂取の影響を除外するため, 血中アミノ酸濃度と貧血指標の関連について偏相関分析による解析を行った. なお, 続発性無月経を有する者とそうではない者における貧血項目の比較には, 対応のないt検定を用いた. 統計処理には, IBM SPSS Statistics 23を用い, 統計学的有意水準はいずれも $P<0.05$ とした.

結 果

Table 1に被験者特性を示す. 被験者の平均年齢は 19.8 ± 0.2 歳, 身長は 159.7 ± 0.9 cm, BMIは 18.9 ± 0.3 kg/m², 練習頻度は 6.5 ± 0.1 回/週, 5000 mのベストタイムは 960.2 ± 4.3 秒, 走行距離は 110.2 ± 16.5 km/週であった. 5000 mのベストタイムから, 本研究の被験者は, 競技レベルの高い女子選手であった. 貧血状態を反映する血中の赤血球数は 429.7 ± 6.3 ($\times 10^4$ / μ L), 血中ヘモグロビン濃度は 13.3 ± 0.1 g/dL, ヘマトクリット値は $40.0\pm 0.4\%$ であった. なおこれらの貧血状態を示す指標はすべて正常範囲内であった. また, アンケート調査の結果, 鉄剤のサプリメントのみを摂取している者が3名, アミノ酸のサプリメントを摂取している者が2名, 鉄剤とアミノ酸のサプリメントを併用摂取している者は3名であった. 続発性無月経の有無について, 続発性無月経がない

Table 1. Characteristic of studied subjects.

	n = 24		
Age (years)	19.8	±	0.2
Height (cm)	159.7	±	0.9
Weight (kg)	48.3	±	0.8
Body fat (%)	14.9	±	0.8
Body muscle mass (kg)	22.6	±	0.3
Body mass index (kg/m ²)	18.9	±	0.3
Career (years)	8.7	±	0.5
Personal best for 5000m (second)	960.2	±	4.3
Frequency of the practices (times/week)	6.5	±	0.1
Running distance (km/week)	110.2	±	16.5
Red blood cell ($\times 10^4/\mu\text{L}$)	429.7	±	6.3
Hemoglobin (g/dL)	13.3	±	0.1
Hematocrit (%)	40.0	±	0.4

Data are shown as the mean $\pm$ SE.

と答えた者は7名、続発性無月経があると答えた者は17名であった。また、続発性無月経を有する者とそうでない者の間に、血中の赤血球数 ($436.2 \pm 6.8 (\times 10^4/\mu\text{L})$ vs $414.0 \pm 11.5 (\times 10^4/\mu\text{L})$, $P=0.12$), ヘモグロビン濃度 ($13.4 \pm 0.2 \text{ g/dL}$ vs $13.1 \pm 0.2 \text{ g/dL}$, $P=0.27$), およびヘマトクリット値 ($40.3 \pm 0.4\%$ vs $39.3 \pm 0.9\%$, $P=0.22$) は有意差が認められなかった。

Table 2に被験者の血中アミノ酸およびその代謝産物の濃度を示す。対象者の血中アミノ酸濃度の平均値は、ヒスチジン以外の全てのアミノ酸において正常範囲内であった。アミノ酸の一種である血中タウリン濃度は、貧血の指標である血中の赤血球数 ($r=0.48$, $P<0.05$) (Fig. 1-A), ヘモグロビン濃度 ($r=0.44$, $P<0.05$) (Fig. 1-B), およびヘマトクリット値 ($r=0.42$, $P<0.05$) (Fig. 1-C) と有意な相関関係を示した。また、これらの相関関係をサプリメント摂取の有無で補正したところ、血中タウリン濃度と血中の赤血球数にのみ有意な相関関係が認められ (partial $r=0.44$, $P<0.05$), 血中タウリン濃度とヘモグロビンおよびヘマトクリット値には、有意傾向が認められた (ヘモグロビン: partial $r=0.39$, $P=0.06$, ヘマトクリット: partial $r=0.37$, $P=0.09$)。

一方、その他の血中アミノ酸濃度については、貧血指標との有意な関連は認められなかった。練習頻度は尿

素 ($r=0.50$, $P<0.05$) と有意な正の相関関係を示し、リジン ($r=-0.46$, $P<0.05$) およびアンセリン ($r=-0.49$, $P<0.05$) とは有意な負の相関関係が認められた。しかし、ベストタイムや走行距離と血中アミノ酸濃度には有意な関連が認められなかった。

考 察

本研究では、陸上競技女子長距離選手における血中の赤血球数およびヘモグロビン濃度と血中アミノ酸濃度の関連を横断的に検討した。本研究において、アミノ酸の一種である血中タウリン濃度が貧血状態を反映する指標である血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と有意な正の相関関係が示された。さらに、偏相関分析の結果、鉄剤やアミノ酸のサプリメント摂取の有無で補正後も、血中タウリン濃度と赤血球数には有意な相関関係が認められ、血中タウリン濃度とヘモグロビンおよびヘマトクリット値には有意傾向が認められた。これらの結果から、陸上競技女子長距離選手において、血中タウリン濃度は血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と関連する可能性が示された。

赤血球やその内部に存在するヘモグロビンは酸素の運搬に関連することから、これらの血中濃度が貧血状態を反映する指標として汎用されている。赤血球の内部には

Table 2. Plasma levels of amino acid and related metabolite in studied subjects

	n = 24	Normal Range
Histidine, nmol/mL	51.3 ± 1.0	59.0 — 92.0
Isoleucine, nmol/mL	45.4 ± 1.2	43.0 — 112.8
Leucine, nmol/mL	90.7 ± 2.2	76.6 — 171.3
Lysine, nmol/mL	142.3 ± 4.2	108.7 — 242.2
Methionine, nmol/mL	20.5 ± 0.6	18.9 — 40.5
Phenylalanine, nmol/mL	46.8 ± 1.0	42.6 — 75.7
Threonine, nmol/mL	94.5 ± 5.0	66.5 — 188.9
Valine, nmol/mL	167.9 ± 5.0	147.8 — 307.0
Alanine, nmol/mL	330.7 ± 13.3	208.7 — 522.7
Anserine, nmol/mL	112.2 ± 2.2	—
Arginine, nmol/mL	61.4 ± 1.8	53.6 — 133.6
Aspartic acid, nmol/mL	2.6 ± 0.1	< 3.2
Citrulline, nmol/mL	29.5 ± 1.2	17.1 — 42.6
Cysteine, nmol/mL	32.5 ± 0.6	13.7 — 28.3
Cystathionine, nmol/mL	1.4 ± 0.05	—
Glutamic acid, nmol/mL	25.2 ± 1.7	12.6 — 62.5
Glycine, nmol/mL	187.1 ± 7.1	151.0 — 351.0
Hydroxyproline, nmol/mL	11.5 ± 1.0	5.4 — 18.2
Monoethanolamine, nmol/mL	5.6 ± 0.2	< 10.3
Ammonia, nmol/mL	75.6 ± 3.4	30.0 — 80.0
Ornithine, nmol/mL	48.8 ± 1.5	31.3 — 104.7
Proline, nmol/mL	108.0 ± 6.1	77.8 — 272.7
Serine, nmol/mL	94.3 ± 2.6	72.4 — 164.5
Taurine, nmol/mL	58.9 ± 1.4	39.5 — 93.2
Tyrosine, nmol/mL	48.8 ± 1.8	40.4 — 90.3
Urea, nmol/mL	4475.3 ± 212.3	2300.0 — 7000.0

Data are shown as the mean ± SE.

Fig. 1 Relationships between circulating taurine levels and red blood cell (A), hemoglobin levels (B) and hematocrit levels (C) in female endurance athletes.

ヘムとグロビンというタンパク質から構成されるヘモグロビンが存在しており、このヘモグロビンが主に酸素を取り込む役割を担っている。本研究で着目したアミノ酸は、生体におけるタンパク質の主要な成分であることから、ヘモグロビンや赤血球などに関連する可能性がある。実際に、若年女性を対象とした先行研究において、アミノ酸の一種であるタウリンの摂取が貧血状態の改善に関与する可能性が報告されている。Sirdahら⁶⁾は、若年女

性における20週間の鉄剤およびタウリンの摂取が貧血状態に及ぼす影響について検討し、鉄剤のみの摂取と比較して、鉄剤とタウリンの併用摂取により貧血状態を反映する指標である血中の赤血球数および血中ヘモグロビン濃度が大きく改善することを報告している。このことから、タウリンの摂取が貧血状態の改善に寄与することが示唆されている。本研究では女性アスリートの中でも貧血のリスクが高い陸上競技長距離選手において、血中タウリン濃度と血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値の間に有意な正の相関関係が認められた。さらに、鉄剤やアミノ酸のサプリメント摂取の有無で補正後も、血中タウリン濃度と赤血球数には有意な相関関係が認められ、血中タウリン濃度とヘモグロビンおよびヘマトクリット値には有意傾向が認められた。これらのことから、血中タウリン濃度と貧血マーカーは関連する可能性が示された。本研究では、貧血のリスクが高い陸上競技女子長距離選手を対象としていることから、本研究で得られた結果はスポーツ現場における貧血予防法の確立に寄与する可能性を有しており、臨床的意義が大きいと考えられる。しかし、今回の対象者は血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値が正常範囲内であったことから、今後は正常範囲よりも低い対象者を含めた検討を実施する必要がある。

アスリートにおいて、アンモニアは中枢性および末梢性の疲労を反映する疲労物質であることが明らかにされている⁷⁻⁹⁾。実際に、長時間運動や高強度運動により血中アンモニア濃度が上昇することが報告されている^{8,9)}。本研究では、アンモニアの代謝産物である血中尿素濃度と1週間あたりの練習頻度に有意な正の相関関係が認められた。本研究の被験者は現役の陸上競技長距離選手であり、日常的な練習による疲労状態にあると推察される。このことから、アンモニアの代謝産物である血中尿素濃度と練習頻度が関連した可能性が考えられる。一方、本研究において、アミノ酸の一種である血中リジン濃度と一週間あたりの練習頻度に有意な負の相関関係が認められた。リジンは、エネルギー供給に関連するクエン酸回路に取り込まれて代謝されるアミノ酸である。このことから、日常的な練習で多くのエネルギーを必要とする陸上競技長距離選手において、エネルギー供給に関連するリジンの血中濃度と練習頻度に有意な関連が認められたと考えられる。

本研究において、陸上競技女子長距離選手の血中タウリン濃度と貧血状態との関連が明らかになったが、アミノ酸は運動パフォーマンスとも関連する可能性が報告されている。松井ら¹⁰⁾およびRaら¹¹⁾は、タウリン摂取が運動後の筋疲労や筋損傷を抑制することを明らかにしている。また、石倉ら¹²⁾は運動中のタウリン摂取が心拍数の上昇を抑制することを報告している。同様に、分岐鎖

アミノ酸であるBCAAを運動前や運動中に摂取することで、運動継続時間を延長させることや血中乳酸濃度の上昇を抑制すること¹³⁾、漸増負荷運動時の最大酸素摂取量が増加すること¹⁴⁾、さらに長距離走時の筋損傷を軽減させることが報告されている¹⁵⁾。これらの報告から、アミノ酸は貧血状態だけでなく運動パフォーマンスとも関連し、アスリートにおいて非常に重要な役割を果たしていると考えられる。

本研究にはいくつかの限界点がある。まず1点目として、本研究では血清鉄やフェリチンの測定を行なっており、鉄欠乏性貧血について考慮できていない点である。女性は月経に伴う出血により貧血になりやすいことが報告されている¹⁶⁾。さらに、アスリートにおいては運動に伴う発汗などにより鉄の喪失量が増加することも明らかになっている¹⁷⁾。このことから、今後は鉄欠乏性貧血も考慮した検討が必要である。2点目として、対象者の月経周期を考慮できていない点が挙げられる。本研究において、続発性無月経を有する者とそうでない者の間に、血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度、およびヘマトクリット値は有意差が認められなかったが、上述したように、月経に伴う出血は鉄欠乏性貧血に関連することが明らかにされている。このことから、月経周期や月経状態は貧血状態に影響する可能性が大きいと考えられる。今後は月経周期や月経に関する詳細な情報を考慮した検討が必要である。3点目として、対象者の日常生活習慣を調査できていない点である。貧血の予防や改善には、鉄やビタミンCの摂取が重要であること¹⁸⁾や、卵白タンパクは鉄の吸収促進作用を有すること¹⁹⁾が報告されている。また、タウリンなどのアミノ酸はイカやタコといった魚介類に多く含まれていることや²⁰⁾、一過性の運動により血中濃度が変動することが明らかにされている²¹⁾。このことから、日常生活習慣が貧血状態や血中アミノ酸濃度に影響を及ぼす可能性が考えられる。したがって、今後は生活習慣の調査を含めた検討を行う必要がある。最後に、本研究の対象者はアスリートという特殊な集団であるが、対象者数が非常に少ない。将来的に、本研究成果を臨床現場に応用していくためにも、対象者数を増やした大規模かつ長期的な検討を実施する必要がある。

本研究では、陸上競技女子長距離選手における血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と血中アミノ酸濃度の関連を横断的に検討した。本研究において、アミノ酸の一種である血中タウリン濃度が貧血状態を反映する指標である血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と有意な正の相関関係を示すことが明らかになった。さらに、偏相関分析の結果、鉄剤やアミノ酸のサプリメント摂取の有無で補正後も、血中タウリン濃度と赤血球数には有意な相関関係が認められ、血中タウリン濃度とヘモグロビンおよびヘマトク

リット値には有意傾向が認められた。これらの結果から、陸上競技女子長距離選手において、血中タウリン濃度は血中の赤血球数、ヘモグロビン濃度およびヘマトクリット値と関連し、貧血状態を反映する可能性が示された。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

引用文献

- 1) 財団法人日本体育協会. Aアスリートにみられる内臓器官などの疾患 4 血液疾患, *健康管理とスポーツ医学*, (4), 今川重彦, 財団法人日本体育協会, 東京, 17-20, 2009.
- 2) 下村良治, 北浦靖之: スポーツ医学観点からのアミノ酸機能 分岐鎖アミノ酸 (BCAA) を中心として, *化学と生物*, 52: 143-144, 2014.
- 3) 森本英樹: ヘモグロビン, *生物物理*, 21: 1-12, 1981.
- 4) 株式会社SRL. アミノ酸分析基準値一覧, 株式会社SRL, 東京, <http://test-guide.srl.info/hachioji/test/detail/00080A40H>.
- 5) 三國雅人, 藤本征一郎: 研修医のための必修知識 D. 婦人科疾患の診断・治療・管理 1. 内分泌疾患 (1) 月経異常, *日産婦誌*, 54: N552-N560, 2002.
- 6) Sirdah MM, El-Agouza IM, Abu Shahla AN. Possible ameliorative effect of taurine in the treatment of iron-deficiency anaemia in female university students of Gaza, Palestine. *Eur J Haematol* 69: 236-242, 2002.
- 7) Mutch BJ, Banister EW. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Med Sci Sports Exerc* 15: 41-50, 1983.
- 8) Eriksson LS, Broberg S, Bjorkman O, Wahren J. Ammonia metabolism during exercise in man. *Clin Physiol* 5: 325-336, 1985.
- 9) Gorostiaga EM, Navarro-Amézqueta I, Calbet JA, Sánchez-Medina L, Cusso R, Guerrero M, Granados C, González-Izal M, Ibáñez J, Izquierdo M. Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolism during leg press exercise. *J Strength Cond Res* 28: 2775-2785, 2014.
- 10) 松井 康, 今井智子, 永井 智, 小林直行, 渡邊昌宏, 近藤宏, 宮川俊平: 運動前のタウリン摂取が筋疲労に及ぼす影響, *理学療法科学*, 31: 389-393, 2016.
- 11) Ra SG, Choi Y, Akazawa N, Ohmori H, Maeda S. Taurine supplementation attenuates delayed increase in exercise-induced arterial stiffness. *Appl Physiol Nutr Metab* 41: 618-623, 2016.
- 12) 石倉恵介, 宮川俊平, 矢田部佳久, 竹越一博, 大森 肇: 長時間運動時の血中グルコース濃度に及ぼすタウリン投与の影響, *体力科学*, 57: 475-483, 2008.
- 13) 足立哲司, 足立博子, 中井 聖, 豊岡示朗, 増原光彦: 分岐鎖アミノ酸 (BCAA) 含有飲料摂取が漸増運動負荷中の生体に及ぼす影響について, *日本生理人類学会誌*, 16: 165-170, 2011.
- 14) Matsumoto K, Koba T, Hamada K, Tsujimoto H, Mitsuzono R. Branched-Chain Amino Acid Supplementation Increases the Lactate Threshold during an Incre-

- mental Exercise Test in Trained individuals. *J Nutr Sci Vitaminol* 55: 52-58, 2009.
- 15) 木場孝繁, 濱田広一郎, 桜井政夫, 松元圭太郎, 早瀬秀樹, 右田孝志, 辻本尚弥, 満園良一: 長距離走時の筋損傷に及ぼす分岐鎖アミノ酸含有飲料摂取の効果, *体力科学*, 53: 747, 2004.
- 16) 松田貴雄: 女性アスリートの諸問題の克服, *臨床スポーツ医学*, 32: 208-212, 2015.
- 17) Paulev PE, Jordal R, Pedersen NS. Dermal excretion of iron in intensely training athletes. *Clin Chim Acta* 127: 19-27, 1983.
- 18) 小島菜実絵, 水野秀一, 宮原恵子, 小田和人, 松尾嘉代子, 飯出一秀, 吉村良孝, 田井健太郎, 今村裕行: 食事バランスと血中貧血検査項目との関係, *総合健診*, 41: 274-282, 2014.
- 19) 小林ゆき子, 木戸康博, 中坊幸弘: 鉄欠乏性貧血ラットの回復期における食事たんぱく質およびペプチドの影響, *栄養学雑誌*, 65: 165-171, 2007.
- 20) 木林悦子, 鏡森定信: 20歳女子の魚介類及びレバー摂取量による食事中タウリン摂取量の検討, *栄養学雑誌*, 60: 145-153, 2002.
- 21) Cuisinier C, Michotte De Welle J, Verbeeck RK, Poortmans JR, Ward R, Sturbois X, Francaux M. Role of taurine in osmoregulation during endurance exercise. *Eur J Appl Physiol* 87: 489-495, 2002.